

PUB-NO: DE019700747A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 19700747 A1

TITLE: Raster probe  
microscope for determining parameters of  
object in liquid

PUBN-DATE: July 16, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

ECKNER, STEFFEN DR

DE

BARTZKE, KARLHEINZ DR

DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

ZEISS CARL JENA GMBH

DE

INST MOLEKULARE BIOTECHNOLOGIE

DE

APPL-NO: DE19700747

APPL-DATE: January 11, 1997

PRIORITY-DATA: DE19700747A ( January 11,  
1997)

INT-CL (IPC): H01J037/28

EUR-CL (EPC): G01B007/34 ; G01B007/34

ABSTRACT:

CHG DATE=19990905 STATUS=C>The raster probe microscope has a sensing unit consisting of a probe and piezoelectric control elements and devices with which the measurement object can be brought towards the object and the measurement result obtained. The probe, consisting of a probe body, a piezoelectric resonator and a probe tip (12), is enclosed by a gas-filled capillary (4) with an opening (41) in the direction of the measurement object (5). The controllable probe tip protrudes out of the opening during the measurement process.

DERWENT-ACC-NO: 1998-388926

DERWENT-WEEK: 199834

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Raster probe  
microscope for determining parameters of  
object in liquid - has  
piezoelectric resonator and probe  
tip, enclosed by  
gas-filled capillary with opening,  
whereby controllable  
probe tip protrudes out of capillary  
opening during  
measurement

INVENTOR: BARTZKE, K; ECKNER, S

PATENT-ASSIGNEE: INST MOLEKULARE  
BIOTECHNOLOGIE EV [MOLEN] , ZEISS JENA GMBH  
CARL [JENA]

PRIORITY-DATA: 1997DE-1000747 (January 11,  
1997)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	LANGUAGE	PUB-DATE	PAGES	MAIN-IPC
DE 19700747 A1		July 16, 1998		
N/A		007		H01J 037/28

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR
APPL-NO	APPL-DATE
DE 19700747A1	N/A
1997DE-1000747	January 11, 1997

INT-CL (IPC): H01J037/28

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 19700747A

BASIC-ABSTRACT:

The raster probe microscope has a sensing unit consisting of a probe and piezoelectric control elements and devices with which the measurement object can be brought towards the object and the measurement result obtained.

The probe, consisting of a probe body, a piezoelectric resonator and a probe tip (12), is enclosed by a gas-filled capillary (4) with an opening (41) in the direction of the measurement object (5). The controllable probe tip protrudes out of the opening during the measurement process.

USE - For detecting surface and determining characteristics of a measurement object under water

ADVANTAGE - Measurements can be made on objects under water with relatively low error rates and hence relatively high

accuracy.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

DERWENT-CLASS: S03 V05

EPI-CODES: S03-E02F; S03-E06B1; V05-F01A5;  
V05-F04B6A;



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 00 747 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 J 37/28**

②① Aktenzeichen: 197 00 747.3  
②② Anmeldetag: 11. 1. 97  
④③ Offenlegungstag: 16. 7. 98

DE 197 00 747 A 1

⑦① Anmelder:  
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE; Institut für  
Molekulare Biotechnologie eV, 07745 Jena, DE

⑦② Erfinder:  
Eckner, Steffen, Dr., 07381 Pößneck, DE; Bartzke,  
Karlheinz, Dr., 07747 Jena, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Rastersondenmikroskopische Einrichtung

DE 197 00 747 A 1

Die Erfindung betrifft eine rastersondenmikroskopische Einrichtung zur Erfassung der Oberfläche und der Bestimmung der Eigenschaften eines Meßobjektes in Flüssigkeit.

Rastersondenmikroskopie wird vorwiegend im Vakuum und an Luft betrieben, weil unter den physikalischen Bedingungen in diesen Medien für die Sonde und eine Vielzahl von Meßobjekten die günstigsten Voraussetzungen für rastersondenmikroskopische Messungen bestehen, wie z. B. nicht oder schwach kontaminierte Oberflächen und günstige physikalische Bedingungen für die meßtechnische Erfassung der elektrischen, mechanischen oder optischen Nahfeldeffekte zwischen Meßobjekt und Sonde.

Bei der Kraftmikroskopie wird mit einer an einer mikroskopisch kleinen Lamelle angebrachten Tastspitze die Probenoberfläche angetastet. Mittels Piezoaktuatoren wird das Meßobjekt (Probe) an der Spitze so vorbeigeführt, daß ein ständig gleichbleibender Kraftkontakt zwischen Tastspitze und Probenoberfläche zustande kommt /G. Binning, C. F. Quate, Ch. Gerber, "Atomic Force Microscopy", Phys. Rev. Lett. 56 (1986) 9, 930-933/.

Bei der Tunnelmikroskopie wird mittels Piezostelltechnik eine elektrisch leitfähige Spitze in einem Bereich von etwa 1 nm an eine leitfähige Probenoberfläche gebracht. Wird zwischen Spitze und Probenoberfläche eine elektrische Spannung angelegt, so beginnt ein Tunnelstrom in nA-Größenordnung zu fließen. Eine Veränderung des Spaltes zwischen Spitze und Probenoberfläche von z. B. 0,1 nm bewirkt eine Veränderung des Tunnelstroms um eine Größenordnung. Diese starke Abstandsabhängigkeit wird ausgenutzt, um die Spitze mittels Piezostelltechnik der Probenoberfläche nachzuführen /G. Binning, H. Rohrer, Ch. Gerber, E. Weibel, "Surface Studies by Scanning Tunneling Microscopy", Phys. Rev. Lett. 49 (1982) 1, 57-61/.

Bei der optischen Nahfeldmikroskopie wird das optische Nahfeld einer Sonde, aus deren nanometerfeinen Spitze Licht austritt, über die Probenoberfläche geführt. Das von der Probe transmittierte oder reflektierte Licht wird von einem Photoempfänger registriert und vom Computer als optische Information der Probe über der gescannten Fläche dargestellt.

Gemäß EP 545 538 wird die Faser mit ihrer Spitze mittels eines Piezoröhrchens in laterale Schwingungen versetzt und von einem optischen System die Dämpfung der Schwingung bei Annäherung der Spitze an die Probenoberfläche erfaßt. Das optische System besteht aus Elementen, mit denen ein die Faserspitze seitlich beleuchtender Lichtstrahl durch die lateralen Schwingungen moduliert wird und die sich durch die Dämpfung ergebenden Amplitudenverringerungen oder Phasenverschiebungen des modulierten optischen Signals als Annäherung der Faser an die Probenoberfläche detektiert wird.

Für eine große Gruppe von Proben, wie z. B. aus der Biologie, Medizin und Elektrochemie, ist es jedoch unerlässlich, die rastersondenmikroskopischen Messungen in Flüssigkeiten ausführen zu können, da Luft oder Vakuum solche Proben durch Kapillarkräfte, Trocknungsartefakte oder Oxidationen verändern oder zerstören würden. Die bekannten rastersondenmikroskopischen Anordnungen und Meßverfahren im Vakuum und an Luft sind für Messungen in Flüssigkeiten nur bedingt geeignet. Derartige Messungen sind schwieriger zu realisieren und erfordern einen größeren technischen Aufwand.

So ist aus der EP 0 388 023 eine Anordnung bekannt geworden, bei der eine rastersondenmikroskopische Abbildung der Oberfläche eines mit Flüssigkeit bedeckten Meßobjektes erfolgt. Das Meßobjekt wird durch einen weichen

Gummiring umschlossen, der gleichzeitig die Flüssigkeit einschließt. Der das Meßobjekt abdichtende weiche Gummiring befindet sich dabei zwischen dem Meßobjekt und dem Cantilever-Träger. Die Scanbewegung zwischen Piezosteller mit dem daran befestigtem Meßobjekt und dem Cantilever-Halter wird durch elastische Verformungen des Gummirings ermöglicht. Darüber hinaus ist aus der EP 0 388 023 eine Anordnung bekannt geworden, bei der über einem Cantilever eine Glasplatte angeordnet ist, die einen auf einer Probe angeordneten Flüssigkeitstropfen begrenzt. Der Cantilever wird innerhalb der Flüssigkeit über die Probe bewegt. Nachteile dieser Anordnungen sind, daß einerseits die beim Scannen auftretenden elastischen Kräfte des Gummirings den Meßvorgang stören und daß andererseits der optische Meßstrahl zur Erfassung der Cantileverauslenkung die Flüssigkeitsschicht zweimal durchdringen muß. Hierdurch treten an den Grenzflächen Glas-Flüssigkeit Winkeländerungen und Reflexionen auf, die den Meßvorgang stören.

Des weiteren ist eine dynamische Messung wegen der starken mechanischen Dämpfung der Cantileverschwingungen in der Flüssigkeit stark eingeschränkt.

In der Appl. Phys. Lett. 64 (13), 28 March 1994, 1738-1740, wird eine auf dem Tappingmode (EP 0 587 459 A1 vom 07.08.1992) beruhende Anordnung beschrieben, mit welcher quasi-dynamische Messungen in Flüssigkeiten dadurch möglich gemacht werden, daß die Probe in der Flüssigkeit in Schwingungen versetzt wird, aber der Cantilever statisch betrieben und durch den Probenkontakt ausgelenkt wird. Die Schwingung der Probe wird zwar gedämpft, diese Dämpfung bleibt aber wegen der Fremderregung ohne Wirkung auf den Meßvorgang. Nachteilig bei dieser Anordnung ist, daß die Schwingungen der Probe über die Flüssigkeit auf den Cantilever übertragen werden und den Meßvorgang negativ beeinflussen. Darüber hinaus muß der optische Meßstrahl zur Erfassung der Cantileverauslenkung zweimal die Grenzflächen Luft-Flüssigkeit durchdringen, womit störende Winkeländerungen und Reflexionen zur Beeinträchtigung des Meßergebnisses führen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß bei allen bisher bekannten Lösungen zu rastersondenmikroskopischen Messungen in Flüssigkeiten der Meßvorgang derart eingeschränkt wird, daß unzureichende Meßgenauigkeiten erreicht werden bzw. Meßwertverfälschungen auftreten.

Ausgehend vom Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, rastersondenmikroskopische Messungen von Meßobjekten unter Flüssigkeiten mit relativ geringen Meßwertverfälschungen und damit mit relativ hoher Meßgenauigkeit durchführen zu können.

Die Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen rastersondenmikroskopischen Einrichtungen dadurch gelöst, daß die aus einem Sondengrundkörper und einer Sondenspitze bestehenden Sonde von einer gasgefüllten Kapillare umschlossen ist und daß die Kapillare in Richtung Meßobjekt eine Öffnung aufweist und die steuerbare Sondenspitze während des Meßvorgangs aus dieser Öffnung herausragt.

Die Sonde wird so innerhalb der dünnen gasgefüllten Kapillare plaziert, daß die Sondenspitze in Richtung der Längsachse der Kapillare liegt, deren Rand nur geringfügig überragt und daß die Funktionsfähigkeit der Sonde beim Eintauchen nur der Sondenspitze in die Flüssigkeit erhalten bleibt. Dieser Abstand zwischen Sondenspitze und Rand der Kapillare bleibt beim Annäherungsvorgang zwischen Meßobjekt und Sondenspitze unverändert. Während des Meßvorganges wird entweder die Sonde innerhalb der feststehenden Kapillare in einem oder mehreren Freiheitsgraden über die Meßoberfläche geführt oder die Kapillare und die Sonde werden in einem oder mehreren Freiheitsgraden fest verbunden über

die Probenoberfläche geführt.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist zur Gasdruckregelung des die Sonde umschließenden Raumes die Kapillare mit einem Gasdruckregler verbunden.

Mit dem Gasdruckregler wird ein Gasdruck innerhalb der Kapillare erzeugt, der das Eindringen der Flüssigkeit in die Kapillare verhindert bzw. den Flüssigkeitspegel in der Kapillare regelt.

Die Grenzfläche zwischen dem Gas in der Kapillare und der Flüssigkeit verläuft konvex oder konkav innerhalb oder außerhalb der Kapillare. Wesentlich ist, daß das Meßobjekt mit einem Flüssigkeitsfilm überzogen ist und die Sonde nur so weit in die Flüssigkeit eintaucht, daß die Funktionsfähigkeit der Sonde erhalten bleibt. Zusätzlich oder anstelle der Erzeugung eines entsprechenden Gasdruckes innerhalb der Kapillare kann eine Beschichtung der Kapillare und der Sondenspitze derart vorgenommen werden, daß die Flüssigkeit die Kapillare und die Sondenspitze nicht benetzen, so daß es zur Kapillardepression kommt.

Im speziellen Fall soll die Kapillare so angespitzt und der Gasdruck in ihr so reguliert werden, daß sie in Meßobjekte, wie z. B. Zellen, eingeführt werden kann, ohne daß das Meßobjekt oder die Sondenspitze zerstört wird oder die Flüssigkeit in die Kapillare eindringen kann. Damit sind Messungen im Inneren von Zellen möglich.

Die Funktionstüchtigkeit der Sonde in Flüssigkeiten wird bei dem Eintauchen nur der Sondenspitze in die Flüssigkeit nur unwesentlich beeinträchtigt. In Abhängigkeit von der Eintauchtiefe der Sondenspitze in die Flüssigkeit kann die entsprechende nahfeldmikroskopische Eigenschaft zur Regelung des Gasdruckes in der Kapillare verwendet werden.

Eine Regelung des Gasdruckes ist im allgemeinen nur während des Annäherungsvorganges erforderlich, solange die Sondenspitze und die Kapillare in Richtung des Nahfeldes der Probe bewegt wird. Während des Scanvorganges im Nahfeld wird der Druck auf dem erreichten Niveau konstant gehalten oder dessen Regelung so träge eingestellt, daß durch Änderungen der als Führungsgröße für den Druck dienenden nahfeldmikroskopischen Eigenschaft der Sonde keine den Meßvorgang störenden Druckschwankungen erfolgen.

Die nahfeldmikroskopische Eigenschaft der Sonde wird sowohl für den Meßvorgang als auch zur Regelung des Gasdruckes genutzt. Eine Trennung der Signale ist dadurch möglich, daß Annäherungs- und Meßvorgang zeitlich getrennt sind und die Abhängigkeit der nahfeldmikroskopischen Eigenschaft vom Abstand zwischen Sondenspitze und Meßobjekt anders ist als die Abhängigkeit der nahfeldmikroskopischen Eigenschaft von der Eintauchtiefe der Sonde in die Flüssigkeit.

Vorteilhafterweise weist die Öffnung 41 der Kapillare 4 in Richtung Meßobjekt 5 eine Verkleinerung auf. Die Verkleinerung der Öffnung 41 kann auch durch eine konische Gestaltung der Kapillare 4 in Richtung Meßobjekt 5 erfolgen. Diese verjüngende Form der Kapillare 4 wird vorteilhafterweise dann zur Anwendung kommen, wenn Messungen im Inneren von Zellen, z. B. an Zellkernen, vorgenommen werden sollen. Die Öffnung 41 der Kapillare 4 bzw. die konische Form der Kapillare 4 ist so zu wählen, daß die Funktionsfähigkeit der Sonde 1 mit der Sondenspitze 12 gegenüber einer zylindrischen Kapillarform nicht beeinträchtigt wird.

Bei einer vorteilhaften Ausbildung der Erfindung ist die Sonde in der Kapillare weitestgehend gasdicht angeordnet.

Es ist weiterhin von Vorteil, daß die Sonde als piezoelektrischer Resonator ausgebildet ist.

Bei einer vorteilhaften Ausbildung der Erfindung ist der piezoelektrische Resonator als Stabschwinger ausgebildet.

Es ist vorteilhaft, daß die Sonde aus transparentem Material besteht. Damit werden mit der erfindungsgemäßen Einrichtung nahfeldoptische Messungen ermöglicht.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung besteht die Sondenspitze aus elektrisch leitfähigem Material, womit tunneldmikroskopische Messungen ermöglicht werden.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird mit einem relativ geringem Aufwand eine hohe Meßgenauigkeit der Oberflächen und Eigenschaften eines mit Flüssigkeit umgebenen Meßobjektes rastermikroskopisch erreicht.

Darüber hinaus entfallen weitestgehend Justierungen von Einrichtungen und Stellelementen während der Messungen, so daß der Zeitaufwand für die Messungen sich verringert und die Meßprozesse automatisierbar werden.

Des weiteren wirken sich Inhomogenitäten der Flüssigkeiten nicht negativ auf die Meßergebnisse aus.

Die erfindungsgemäße Einrichtung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen rastersondenmikroskopischen Einrichtung mit Regeleinrichtung

Fig. 2 eine Ausführungsform der Sonde.

Bei der in Fig. 1 schematisch dargestellten Einrichtung, die auf der Grundlage der Kraftmikroskopie weiter beschrieben wird, taucht eine Sonde 1, bestehend aus einem Sondengrundkörper 11, piezoelektrischem Resonator 14 und Sondenspitze 12, in eine Flüssigkeit 2 ein, die das Meßobjekt 5 vollkommen bedeckt. Die Sondenspitze 12 wird durch den Generator  $f_G$  zu longitudinalen Schwingungen, beispielsweise von 1 MHz, angeregt. Bei Annäherung der Sondenspitze 12 an das Meßobjekt 5 erfolgt eine meßbare Resonanzverstimmung, wobei in der Nähe des Meßobjekts und während des Meßvorganges die Sondenspitze 12 die Öffnung 41 der Kapillare 4 überragt. Dieser Abstand ist kleiner als die Länge der Sondenspitze 12. Die Sondenspitze kann vorteilhafterweise eine Länge von ca. 50  $\mu\text{m}$  und einen Durchmesser von ca. 5  $\mu\text{m}$  einnehmen. Die Öffnung der Kapillare 41 hat z. B. einen Durchmesser von 2 mm. Die in der Kapillare 4 angeordnete Sonde 1 ist von einem mit Gas gefüllten Raum 7 umschlossen. Dieses Gas, z. B. Luft, wird mittels eines Gasdruckreglers 6 komprimiert, so daß ein Eindringen der Flüssigkeit 2 in die mit der komprimierten Luft versehene Kapillare 4 und somit ein über die Sondenspitze 12 hinausgehendes Benetzen der Sonde 1 verhindert wird. Dadurch wird eine mechanische Dämpfung der schwingenden Sonde 1 vermieden. Während des Eintauchens der Sondenspitze 12 in die Flüssigkeit 2 ergibt sich eine geringe und bei Annäherung an das Meßobjekt 5 eine deutlich höhere Phasenverschiebung zwischen dem erregenden Signal der Sonde 1 und der Schwingung des Piezoresonators. Die geringe Phasenverschiebung wird zur Regelung des Drucks in dem mit Gas gefüllten Raum 7 während des Eintauch- und Annäherungsvorgangs dazu genutzt, daß nur die Sondenspitze 12 in die Flüssigkeit 2 eintaucht. Die deutlich höhere Phasenverschiebung wird zur Regelung des Meßvorganges zwischen der Sondenspitze 12 und dem Meßobjekt 5 verwendet. Die Phasenverschiebung des piezoelektrischen Resonators 14 in der Flüssigkeit kommt durch viskose Flüssigkeitsdämpfungen zustande. Die Phasenverschiebung während des Meßvorganges erfolgt durch die repulsiven Kräfte der Probenoberfläche.

Der Gasdruckregler 6 ist so eingestellt, daß einerseits der Druck in der Kapillare 4 ein Eindringen der Flüssigkeit 2 in die Kapillare verhindert und andererseits das Gas (z. B. Luft) nicht aus der Kapillare 4 austritt. Dies läßt sich erreichen, indem der Sollwert der Regelung, die Phasenverschie-



bung, um ca. 5% über dem Wert liegt, der sich beim Betrieb der Sonde 1 an Luft einstellt.

Eine mögliche Regelung in Verbindung mit der erfindungsgemäßen rastersondenmikroskopischen Einrichtung ist ebenfalls in Fig. 1 dargestellt.

Aus dem Signalgemisch  $s(t)$  wird mit einem Bandpaß 82, z. B. einer LC-Schaltung, die Grundfrequenz des Generators  $f_G$  herausgefiltert, in einem nachgeordneten Wechselstromverstärker 83 verstärkt, einem Komparator 84 und einem Phasendiskriminator 85 zugeführt. Der Komparator 84 ist außerdem am Ausgang des HF-Generators  $f_G$  angeschlossen und erzeugt aus den jeweiligen Wechselspannungssignalen Rechtecksignale, die dem Phasendiskriminator 85 zugeführt werden. Der Phasendiskriminator 85 erzeugt in Abhängigkeit von der Phasendifferenz der Rechtecksignale eine Spannung  $u(t)$ , die dem Regler 81 und 86 und der Meßauswertung 87 zugeführt wird.

Die Regeleinrichtung 81 steuert den Gasdruckregler 6 so, daß der in der Kapillare 4 vorhandene Gasdruck ein Eindringen der Flüssigkeit 2 in die Kapillare 4 während des Annäherungsvorganges der Sonde 1 an das Meßobjekt 5 verhindert.

Der Regler 86, z. B. ausgebildet als PID-Regler steuert die z-Verstelleinheit 88 so, daß die Phasendifferenz der Sonde 1 konstant bleibt. Mit der z-Verstelleinheit 88 und der xy-Verstelleinheit 89 wird die Sondenspitze 12 im Nahfeld des Meßobjektes 5 geführt.

Das Regler-Ausgangssignal S1 hat unterschiedliche Spannungswerte, die Ausdruck der Oberflächentopographie des Meßobjektes 5 sind. Das Meßauswertesystem 87 ist ein Rechner mit A/D-Wandlern. Der Ausgang des Meßauswertesystems 87 steuert mit dem Steuersignal S2 die xy-Verstelleinheit 89 der rastersondenmikroskopischen Einrichtung.

In Fig. 2 ist eine Ausführungsform der Sonde 1 dargestellt. Bei dieser Ausführungsform besteht die Sonde 1 aus einem stabförmigen piezoelektrischen Resonator 14, einem Sondengrundkörper 11, einer Sondenspitze 12, einer Fassung 13 und Anschlußelementen 15.

Auf dem piezoelektrischen Resonator 14 sind Erregerelektroden 16 aufgebracht, die den piezoelektrischen Resonator 14 zu Longitudinalschwingungen anregen.

Die Herstellung der Erregerelektroden 16 und notwendiger Leiterbahnen erfolgt durch in der Elektrotechnik übliche Verfahren, z. B. mittels Vakuumbedampfungstechniken.

Der piezoelektrische Resonator 14 hat bei einer Resonanzfrequenz von 1 MHz eine Länge von ca. 2,8 mm. Die Länge ergibt sich nach folgender Beziehung:

$$l = \frac{C_0}{f_0}$$

wobei

$l$  = Länge des piezoelektrischen Resonators 14

$f_0$  = Eigenfrequenz des piezoelektrischen Resonators 14

$C_0$  = Schallgeschwindigkeit für Quarz (2856

$$\frac{m}{s}$$

für diesen Anwendungsfall)

ist.

Die Abmessungen des piezoelektrischen Resonators 14 innerhalb und außerhalb des Sondengrundkörpers 11 sollten annähernd gleich sein.

Der piezoelektrische Resonator 14 und der Sondengrundkörper 11 bestehen aus dem gleichen piezoelektrischen Material, z. B. Quarz.

Die Sondenspitze 12 besteht aus einem harten relativ ver-

schleißfesten Material, z. B. Silizium, Glas oder Wolfram.

#### Bezugszeichenliste

- 5 1 Sonde
- 11 Sondengrundkörper
- 12 Sondenspitze
- 13 Fassung
- 14 piezoelektrischer Resonator
- 15 Anschlußelemente
- 16 Erregerelektrode
- 2 Flüssigkeit
- 3 Abstand des Endes der Sondenspitze 12 zur Öffnung 41 der Kapillare 4
- 4 Kapillare
- 41 Öffnung der Kapillare 4
- 5 Meßobjekt
- 6 Gasdruckregler
- 7 mit Gas gefüllter Raum
- 20 81 Regeleinrichtung des Gasdruckreglers 6
- 82 Bandpaß
- 83 Wechselstromverstärker
- 84 Komparator
- 85 Phasendiskriminator
- 25  $u(t)$  Phasensignal, abhängig von der Verstimmung des Schwingquarzes
- $s(t)$  Wechselspannungssignal, abhängig von der Verstimmung des Schwingquarzes
- $f_G$  HF-Generator
- 30 86 Regler für Sonden-Proben-Abstand
- 87 Meßauswertung (Computer)
- 88 z-Verstelleinheit
- 89 xy-Verstelleinheit (Scanner)
- S1 Steuersignal
- 35 S2 Steuersignal

#### Patentansprüche

1. Rastersondenmikroskopische Einrichtung zur Erfassung der Oberfläche und der Bestimmung der Eigenschaften eines mit Flüssigkeit umgebenen Meßobjektes mittels einer Abtasteinheit, bestehend aus einer Sonde 1 und piezoelektrischen Stелеlementen und Einrichtungen, mit denen eine Annäherung an das Meßobjekt erfolgen und eine Auswertung der Meßergebnisse vorgenommen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die aus einem Sondengrundkörper 11, einem piezoelektrischen Resonator 14 und einer Sondenspitze 12 bestehende Sonde 1 von einer gasgefüllten Kapillare 4 umschlossen ist und daß die Kapillare 4 in Richtung Meßobjekt 5 eine Öffnung 41 aufweist und die steuerbare Sondenspitze 12 während des Meßvorgangs aus der Öffnung 41 herausragt.
2. Rastersondenmikroskopische Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Gasdruckregelung des die Sonde 1 umschließenden Raumes 7 die Kapillare 4 mit einem Gasdruckregler 6 verbunden ist.
3. Rastersondenmikroskopische Einrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Öffnung 41 der Kapillare 4 in Richtung Meßobjekt 5 sich verkleinert.
4. Rastersondenmikroskopische Einrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fassung 13 der Sonde 1 in dem Kapillargehäuse 4 weitestgehend gasdicht angeordnet ist.
5. Rastersondenmikroskopische Einrichtung nach

mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Sondengrundkörper **11** als piezoelektrischer Resonator **14** ausgebildet ist.

6. Rastersondenmikroskopische Einrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der piezoelektrische Resonator **14** als Stabschwinger ausgebildet ist. 5

7. Rastersondenmikroskopische Einrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonde **1** aus transparentem Material besteht. 10

8. Rastersondenmikroskopische Einrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Sondenspitze **12** aus elektrisch leitfähigem Material besteht. 15

9. Rastersondenmikroskopische Einrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Sondenspitze **12** aus einem harten und relativ verschleißfesten Material besteht. 20

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

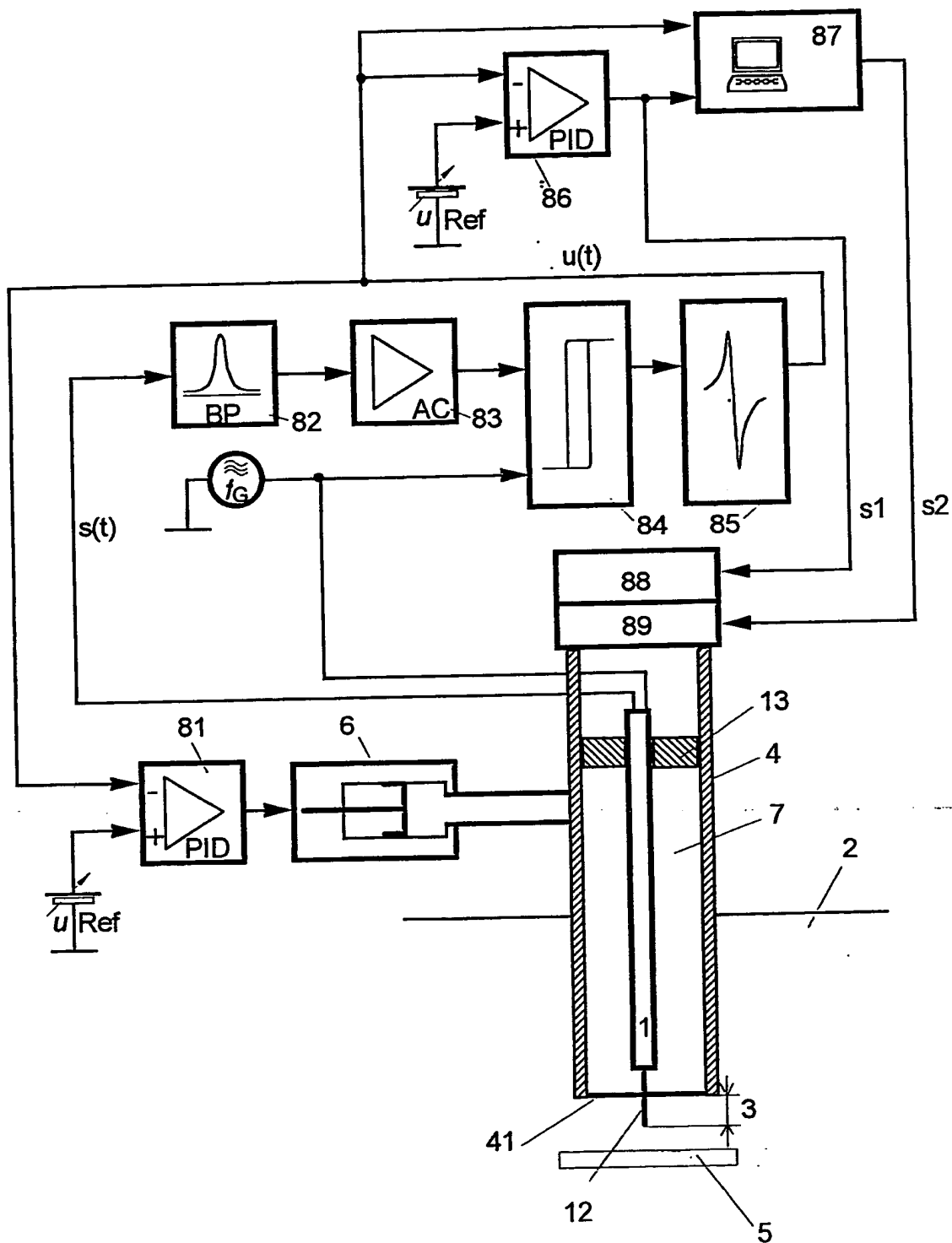
45

50

55

60

65



**Fig. 1**

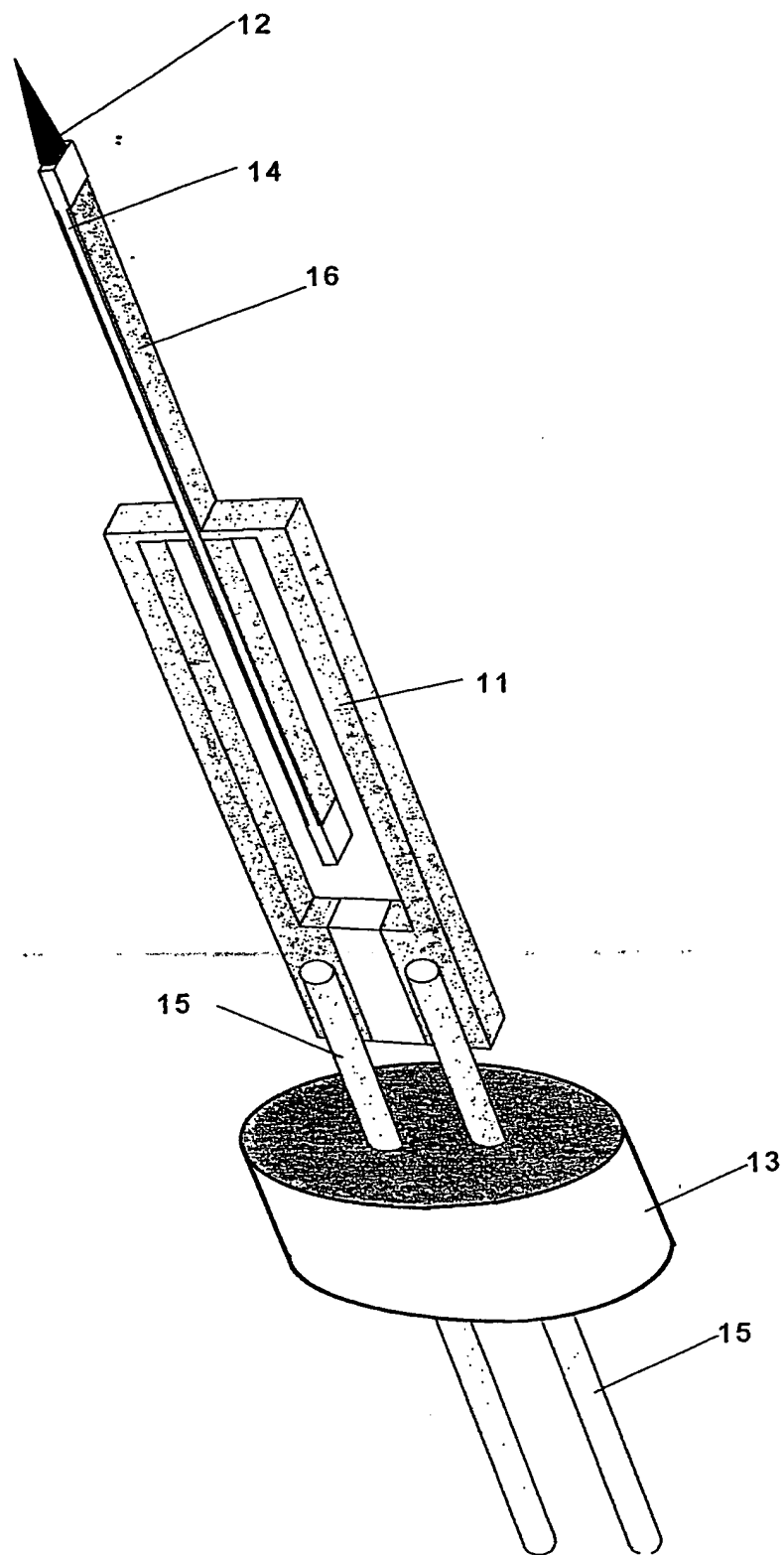


Fig. 2